

310100485 JP2

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003年5月1日 (01.05.2003)

(10) 国際公開番号  
WO 03/036346 A1

(51) 国際特許分類: G02B 6/12 (72) 発明者: 若杉 浩二  
(21) 出願番号: PCT/JP02/01166 (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高橋 誠 (TAKA-  
HASHI, Masaru) [JP] 代理人: 小川 勝男 (OGAWA, Katsuo); 〒103-0023 東京  
都中央区日本橋茅場町二丁目9番8号 五反田駅前  
ビル 日本国際特許事務所 Tokyo (JP)

(22) 国際出願日: 2002年2月27日 (27.02.2002) (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GR, GU, HK, HU, IL,  
ID, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PK, PL, PT, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,  
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(50) 優先権データ: 特願2001-326230

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社  
日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP] 代理人: 小川 勝男 (OGAWA, Katsuo); 〒103-0023 東京  
都中央区日本橋茅場町二丁目9番8号 五反田駅前  
ビル 日本国際特許事務所 Tokyo (JP)

(74) 代理人: 小川 勝男 (OGAWA, Katsuo); 〒103-0023 東京  
都中央区日本橋茅場町二丁目9番8号 五反田駅前  
ビル 日本国際特許事務所 Tokyo (JP)

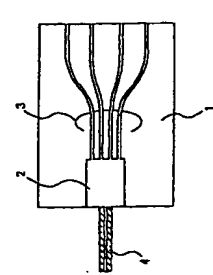
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GR, GU, HK, HU, IL,  
ID, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PK, PL, PT, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,  
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(86) 特許 (広義): ABPO 特許 (CH, GM, KE, LS, MW,  
MZ, SD, SZ, TZ, UG, ZM, ZW) エーランド特許  
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, UZ, TN) エーランド特許  
計 (AU, BE, CH, CL, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IL, IT,  
LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, NG, SN, TD, TO),  
ZM, ZW.

(54) Title: OPTICAL WAVEGUIDE MEMBER AND OPTICAL MODULE

(55) 発明の名称: 光導波路部材及び光モジュール

(57) Abstract: In an optical multiplex/demultiplexer using a multi-mode optical waveguide, the tolerance of misalignment when mounted is increased. For this, in one aspect, the multi-mode optical waveguide is directly coupled to a single-mode optical waveguide. In another aspect, a single-mode optical waveguide is arranged between them and its length is set to or around zero, or to or around a period of interference between 0 order mode of the single mode and a radiative high order mode.



本発明の目的は、マルチモード光導波路を用いた光合分波器において、  
実装時の位置ずれに対するトレランスを拡大することである。この為、本  
発明は、マルチモード光導波路とシングルモード光導波路とを直接結合す  
る。更に本発明の別な形態は、その両者の間にシングルモード光導波路を  
設けて、その長さを零近傍、又はシングルモードの0次モードと放射性の  
高次モードとの干渉の周期もしくはその近傍に設定する。

## 明 細 書

## 光導波路部材及び光モジュール

## 技術分野

5 本発明は光導波路部材及び光モジュール (Optical Module) に関し、特に光合分波器、光分岐結合器 (Optical multiplexer and Optical demultiplexer) 及びこれを用いた光モジュールに関する。

## 背景技術

10 光通信の高速大容量化の観点から、波長多重 (WDM: wavelength division multiplexing) システムが注目を集めている。WDMシステムでは、光合分波器は必要不可欠の素子である。とりわけ、シングルモードファイバ (single-mode fiber) と結合して用いる型の素子は特に重要である。これは、シングルモードファイバを用いると光信号を波形劣化

15 (deterioration of the signal) が少なく伝送できるからである。

従来、この様な素子としては、例えば、アブライド フィジクス レタ (Appl. Phys. Lett.), vol. 61, no. 15, pp. 1754-1756, 1992. に示された光分波器が知られている。

20 第13図はこうしたものの代表例の平面図である。本素子では、基板1上に1芯 (core) のシングルモード導波路10、マルチモード導波路2および4芯のシングルモード導波路アレイ3が、光軸方向に直列に結合されている。本素子を、例えば分波器として動作させる場合は、1芯側にシングルモードファイバ4を結合してシングルモード導波路10に光を入射する。この光はマルチモード導波路2に入射する際に複数のモードを励振 (excite) し、モード間の干渉により4分岐されてシングルモード導波路アレイ3から4芯側シングルモードファイバ4へ出力される。

上記従来例の素子では、1芯側シングルモードファイバ4とマルチモード導波路2との間にシングルモード導波路10を設けて、マルチモード導波路2の中央に光が入射される様に図っている。しかし、この場合、1芯側で素子とシングルモードファイバ4との間に位置ずれがあると、シング

6 ルモード導波路10内に放射性 (radiative) の高次モード光 (higher order mode) 14が励振される。この高次モード光14と0次モード光13とは干渉してしまう。この時、光伝搬は蛇行するため (since the

distribution of the light fluctuates during beam propagation)、位置ずれが僅かな場合でも、マルチモード導波路2に入力される光の位置や進行方向が中心軸から大きくずれてしまう事がある。第14に、この時の

10 シングルモードファイバ4の中心軸11、シングルモード導波路10の中心軸12および光強度のピーク位置15の関係を示す。尚、その他の部分は第13図と同一の符号で示した。この場合、チャネル間の光出力は大きくばらついてしまう。このため、上記素子を実装する際には、高い位置合

15 わせ精度が必要になり、簡易なパッシブアライメント法 (passive alignment method) を用いて実装コストを低減する事は困難である。こうした状況を背景に、本発明の目的は、シングルモードファイバとの間の実装位置ずれトレランスが大きく、低コストなパッシブアライメント法によるモジュール実装が可能な光合分波器を提供することにある。

20 尚、特開平10-48458号公報には、マルチモード導波路にマルチモードファイバを直接結合した例が報告されている。しかし、この例はあくまで、マルチモードファイバを用いる技術に関するものである。

## 発明の開示

25 本発明の代表的な形態は、マルチモード導波路2と1芯側シングルモードファイバ4とを直接光学的に結合させる事を特徴とする。尚、本願の光

導波路部材は、光合波器あるいは光分波器として用いることが出来る。光導波路部材を光合波器として用いるか、または光分波器として用いるかによって、当該光導波路部材への光の導入方向が異なる。更に、その目的によってその入射口あるいは射出口に所望の光部材、光素子を設けることが出来る。

本発明の形態は、マルチモード光導波路と、このマルチモード光導波路の第一の端面に光学的に結合された複数のシングルモード光導波路とを少なくとも有し、前記マルチモード光導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面がシングルモードファイバと光学的に結合が可能なことを特徴とする光導波路部材である。

そして、本発明においては、前記マルチモード光導波路の第二の端面に光学的に結合されたシングルモード光導波路の長さの設定が肝要である。その設定方法については、下記に詳細に説明する。

本発明の発明思想を説明する為、一芯側のシングルモード導波路長と挿入損失との関係を例示する。第15図は、上記シングルモード導波路を有する分波器と1芯側シングルモードファイバ4とが水平方向に1.0  $\mu\text{m}$ ずれている場合の1芯側シングルモード導波路長 $L_{10}$ と挿入損失との関係を、計算により算出したものである。計算はビーム伝搬法 (beam propagation method) によった。尚、挿入損失 (insertion loss) とは、本発明の光導波路部材を光路中に挿入することに伴う光損失のことである。

第15図には、本発明の代表的な素子構造、即ち、 $L_{10}=0$ の場合の特性も合わせて示される。CH1よりCH4は、4芯側のシングルモード光導波路の各々の特性例を示している。本例では外側に位置するシングルモード光導波路CH1、CH4の損失がCH2及びCH3のそれと比較して大きい。しかし、所定の周期で各チャネルの挿入損失のパラツキが極めて

小さくすることが理解される。本発明は、この一芯側シングルモード光導波路をなくす形態か、あるいはこのシングルモード光導波路を用いても各チャネルの特性のパラツキを極めて小さくする光導波路長を用いる。こうした本発明の素子構造によれば、シングルモード導波路を有する分波器とした1芯側シングルモードファイバ4とが水平方向に位置ずれがある場合のチャネル間の挿入損失ばらつきを、従来の素子の最悪値から5dB近く低減できる事が分かる。先に説明したように、マルチモード導波路2と1芯側シングルモードファイバ4とを直接光学的に結合させる形態が最も好ましい。それは、特性面及び製造面からみても首肯できることである。

以下、光導波路特性のパラツキを極めて小さくする周期と本発明の諸形態について説明する。

第15図に見られるように、1芯側シングルモード導波路長 $L_{10}$ がゼロの場合の外、200  $\mu\text{m}$ ないしは250  $\mu\text{m}$ 周期でチャネル間挿入損失差がほぼ無くなる $L_{10}$ が存在する。この周期は、第14図に示した様に、0次モード13と放射性の高次モード14の干渉の周期 (beat length) であり、両モードの伝搬定数の差で $\pi$ を除いた値に等しくなる。

このように、本発明は $L_{10}$ を、この干渉の周期の $n$ 倍 ( $n=0, 1, 2, \dots$ ) としても良い。これは、マルチモード干渉 (MMI : multi-mode interference) 型合分波器の設計の際に、従来の様に導波モードのみを考慮するのではなく、放射モードも含めて考慮する事に相当する。

上記干渉の結果、チャネル間挿入損失差は $L_{10}$ に対して三角関数状に周期的に変化する。このため、 $L_{10}$ が上記干渉の周期の $n$ 倍の構造から、干渉周期に対して所定の小さい値だけ異なっている場合、チャネル間挿入損失差は極く抑えられる。そして、その特性を所望の値にすることが出来る。即ち、 $L_{10}$ を干渉周期の1/5以内としても十分本発明の目的を達成することが出来る。言い換えれば、この $L_{10}$ は、実質的に40  $\mu\text{m}$ 以内とい

本発明は、マルチモード導波路にシングルモードファイバを直接結合して、合分波器の実装位置ずれトレランスの向上を可能にしたことが肝要である。

# 5 図面の簡単な説明

- 第1図は本発明による第一の実施例を示す平面図である。
- 第2図は本発明による第二の実施例を示す平面図である。
- 第3図は本発明による第二の実施例の一つの形態を示す斜視図である。
- 第4図は本発明による第二の実施例のポリマ導波路部分の製造工程を示す部分断面図である。
- 第5図は本発明による第三の実施例を示す平面図である。
- 第6図は本発明による第四の実施例を示す平面図である。
- 第7図は本発明による第五の実施例を示す平面図である。
- 第8図は本発明による第六の実施例を示す平面図である。
- 第9図は本発明による第七の実施例を示す平面図である。
- 第10図は本発明による第八の実施例を示す平面図である。
- 第11図は本発明による第九の実施例を示す平面図である。
- 第12図は本発明による第十の実施例を示す平面図である。
- 第13図は従来例を示す平面図である。
- 第14図は従来構成における光伝搬の様子を示す平面図である。
- 第15図は一芯側シングルモード導波路長と挿入損失との関係の例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に本発明の諸実施の形態を列挙する。

うことが出来る。この条件によれば、例えば10Gb Ethernet用モジュール等で十分適用できるものである。

又、 $L_{10}$ を、干渉の周期の $n-1/5$ 倍から干渉周期の $n+1/5$ 倍( $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲としても良い。又、言い換えれば、 $L_{10}$ を、干渉周期の $n$ 倍( $n=0, 1, 2, \dots$ )から $\pm 40 \mu m$ 以内の範囲にしても良い、ということが出来る。この場合でも、チャネル間挿入損失ばらつきを従来の最悪値から3dB程度低減できる。

更に望ましくは、 $L_{10}$ を干渉周期の $1/10$ 以内の範囲にすれば更に望ましい。言い換えれば、 $L_{10}$ を $20 \mu m$ 以内にすれば更に望ましい。

もししくは、同じ効果は、 $L_{10}$ を、干渉の周期の $n-1/10$ 倍から干渉周期の $n+1/10$ 倍( $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲で得ることが出来る。言い換えれば、 $L_{10}$ を、干渉周期の $n$ 倍( $n=0, 1, 2, \dots$ )から $\pm 20 \mu m$ 以内の範囲にすれば更に望ましいということが出来る。この場合は、従来の最悪値にくらべてチャネル間挿入損失ばらつきが4dB近く低減する事が期待できる。

上記説明の場合は、0次モード13と干渉する高次モード14が奇数次であるが、偶数次の場合は上記干渉周期として0次モード13と高次モード14の伝搬定数の差で $2\pi$ を除いた値を用いれば良い。

尚、本発明の実施に当って、前記マルチモード導波路の中心軸と前記マルチモード導波路の第二の端面に光学的に結合されているシングルモード導波路の中心軸とを一致させることが光学的に好ましい。この形態は本発明の諸変形形態においても同様である。

又、上記説明で、本発明の光導波路部材の例を分波器として説明したが、分波器と合波器では光の進行方向が逆だけで動作原理は等しい。従って、本発明の素子を合波器として用いる場合も、分波器と同様に大きな実装位置ずれトレランスを確保する事ができる。

辯論成自体は当該分野で知られたものである。その詳細説明は省略する。

更に、本例では、V 第 6 の端面を整えるために、ダイシング溝 7 が形成されている。又、発振波長の異なる 4 個の分布帰還 (DFB: Distributed Feedback) 型半導体レーザ 5 が基板 1 上に搭載され、シングルモード導波路アレイ 3 と光学的に結合されている。DFB 型半導体レーザ 5 は配線 4 で送信用 LSI 40 と接続して駆動される。本モジュールでは、4 個の DFB 型半導体レーザ 5 から発振した波長の異なる光をシングルモードファイバ 41 に低損失でかつチャネル間の損失差を抑えて合波し送信する事ができる。又、本モジュールは、DFB 型半導体レーザの代わりに導波路型フォトダイオードを、送信用 LSI の代わりに受信用 LSI を用いれは受信モジュールとして動作させる事ができる。この場合もチャネル間挿入損失差に関する大きな不安定位置ずれトランスが得られる。本例においても、前述したように、マルチモード導波路 2 にシングルモードファイバ 42 を直接結合することが望要である。

第3図に、上記第2の実施例をS1基板およびポリマ導波路を用いて作製した例の斜視図を示す。図ではS1の部分は省略した。本モジュールでは、上記第2図に示したマルチモード導波路2およびシングルモード導波路アレイ3は、下側のポリマで構成されたクラッド層（以下、下側ポリマクラッド層と略記する）22、ポリマで構成されたコア層（以下、ポリマコア層と略記する）23および上側のポリマで構成されたクラッド層（以下、上側ポリマクラッド層と略記する）24から形成されている。本ポリマ導波路は、表面に二酸化シリコン膜（以下、SiO<sub>2</sub>膜と略記する）21を有するS1基板20上に形成されている。他の部分は第2の例と同様である。即ち、V溝8に光ファイバー4が位置決めして搭載される。V溝6の端面を導るために、ダイシング溝7が形成されている。4芯のシ

第1図に本発明の第一の実施例を示す。本図は素子の略率的な上面図である。本実施例の素子は光合波器としても光分波器としても用いる事ができる。本実施例では、基板1上にマルチモード導波路2と4芯のシングルモード導波路アレイ3が光学的に結合されている。また、マルチモード導波路2のシングルモード導波路アレイ3と結合していない側の端面には、シングルモードファイバ4が光学的に直接結合している。このため、本構造では前記の様に、マルチモード導波路2とシングルモードファイバ4との間の位置合わせに位置ずれがあった場合でも、チャネル間での挿入損失のばらつきを低く抑える事ができる。本例にみられるように、マルチモード導波路にシングルモードファイバを直接結合することが重要である。

第2図に本発明の第二の実施例を示す。本図は素子の概略的な上面図である。本実施例は、光送信モジュールの例である。本実施例でも、第一の実施例と同様に、基板1上にマルチモード導波路2と4芯のシングルモード導波路アレイ3が光学的に結合されている。また、マルチモード導波路2のシングルモード導波路アレイ3と結合していない側の端面には、シングルモードフアイバ4が光学的に直接結合している。本モジュールでは、第一の実施例の素子と同一の基板1上にシングルモードフアイバ4を位置決め固定するためのV溝6が設けられている。前記V溝6は光ファイバの軸方向に沿って設けられる。基板1は、例えばシリコン基板が用いられる。そして、この場合、前記のV溝、即ち断面がV字形をした溝は、シリコン結晶の異方性エッチング (anisotropic etching) によって、高精度に加工される。シリコン結晶の異方性エッチングによる溝構造を、通称V溝 (V-groove) と称している。しかし、現実の形態では、正確なV字形以外にU字形に類似の型状あるいはこれらの形状が加わった形態があり得る。こうした諸形態を含んで本願明細書では「V溝」あるいは「V字形」の用語を説明に用いている。こうしたV字形溝構造を有する基板の

の使用波長帯は、例えば1250nmより1375nm程度である。一般に10GbE-WWDMでは、中心波長は1257.7nm、1300.2nm、1324.7nm及び1349.2nmの4波が用いられている。

上記説明では、DFB型半導体レーザおよび導波路型フォトダイオードを用いた場合について述べたが、光システムの要請に応じて、他の型の半導体レーザやフォトダイオードもしくは他の光素子を、用いることが出来る。

第5図に本発明の第三の実施例を示す。本実施例は第二の実施例の形態に、DFB型半導体レーザ5の代わりにシングルモードファイバ4をシングルモード導波路アレイ3と光学的に結合した例である。尚、他の構成はこれまでの例と同様であるので、詳細説明は省略する。本実施例は合波器としても分波器としても用いる事ができる。又、本実施例ではシングルモード導波路アレイ3と光学的に結合させる光ファイバの全てもしくは一部をマルチモードファイバとしても良い。この場合、本実施例は分波器として動作させる事ができる。

第6図に本発明の第四の実施例を示す。本実施例の素子は、光モジュールの基板を複数の部材から構成する例である。即ち、この例では、マルチモード導波路2およびシングルモード導波路アレイ3が形成されている基板1と異なる第二の基板8とを有する。第二の基板8上には、第二のシングルモード導波路アレイ9が形成されている。他の構成は第5図の例などと同様である。

本実施例は第二の実施例において、DFB型半導体レーザ5の代わりに第二のシングルモード導波路アレイ9をシングルモード導波路アレイ3と光学的に結合した例である。本実施例も合波器としても分波器としても用いる事ができる。ここで、本実施例の素子を分波器として用いる場合には、シングルモード導波路アレイ9の代わりにマルチモード導波路アレイ

ングルモード導波路231、232、233、及び234の各々はDFB型半導体レーザ51、52、53、及び54に接続される。

こうして構成された本モジュールでは、シングルモードファイバ4との位置ずれトレランスが1.0μm以上の特性が得られた。即ち、チャネル間のばらつき0.5dB以下である。又、動作波長帯は1.3μmの例である。

第4図に上記モジュールの光導波路部分の作製法を示す。図では他の領域は省略されている。それらは、通例の方法で制作して十分である。第4図は、製造工程順に示す素子主要部の断面図である。

光導波路は、SiO<sub>2</sub>膜21が形成されたS1基板20を準備し、このSiO<sub>2</sub>膜21上に下側ポリマクラッド層22およびポリマコア層23を形成する(第4図(A))。この後、周知の方法により、4芯のシングルモード導波路231、232、233、及び234の各々に対応するように、ポリマコア層23をエッチングする(第4図(B))。こうして準備した基板上に、上側ポリマクラッド層24を形成すれば、ポリマ導波路によって光導波路部が形成される(第4図(C))。こうした構成に用いる代表的なポリマの例は、例えば、ポリイミド(polyimide)、ポリシロキサン(polysiloxane)、エポキシ樹脂(epoxy resin)、アクリル樹脂(acrylate resin)、あるいはこれらの融樹脂のフッ素化された有機高分子樹脂(fluorinated polymer)等である。

尚、上記モジュールのシリコン基板20へのV溝6は、例えばKOH液(KOH solution)を用いた異方性のウエット・エッチングにより得ることが出来る。

尚、具体的な応用に際しての例を示せば、光導波路のコアは、6.5μm×6.5μm程度、クラッドの屈折率は1.525程度、クラッドとコアの屈折率差は0.4%より0.5%程度である。又、当該光モジュール

もしくは、マルチモード導波路とシングルモード導波路とにより形成された導波路アレイを用いる事もできる。

第7図に本発明の第五の実施例を示す。本実施例は合波器の例である。本実施例は、第二の実施例として示した光モジュールにおけるシングルモードフアイバ4の、マルチモード導波路2と結合していない側の端面が、マルチモードフアイバ30に結合されている例である。この場合、シングルモードフアイバ4から単モードをマルチモードフアイバ30の中央モードフアイバ4に入射できるので、マルチモードフアイバ30内に導波モードを効率良く伝播する事ができる。他の構成は第2図の例などと同様である。

この様に、本発明はマルチモードフアイバによる光伝送に用いても有効である。

本発明では、シングルモード導波路アレイ3におけるシングルモード導波路の本数は任意であり、上記実施例の説明に用いた図の様に必ずしも4本に制限する必要は無い。こうした例を、第8図に第六の実施例として7本のシングルモード導波路を有する例を示す。

本発明では、マルチモード導波路2とシングルモードフアイバ4との間に0.4mm近傍の有限の長さをも有するシングルモード導波路10を設けても良い。第9図に、第七の実施例として本構造を有する合分波器を示す。この場合も前記説明の様に、大きな実装位置ずれトレランスを得る事ができる。尚、前記シングルモード導波路10の長さを「0.4mm近傍の有限の長さ」と記載したが、より具体的には、課題を解決する手段の欄に詳細に説明したところである。更に、その許容範囲は第15をもって説明したところである。

更に、次の形態が実用的に有用である。即ち、それは、マルチモード導波路の第二の端面に光学的に結合されているシングルモード導波路の長さの許容範囲の中央値が、前記シングルモード導波路の0.4mm近傍の長さ

放射性の1次モードとの間の伝搬定数差(difference in propagation constant)で $\pi$ を除いた値である光導波路部材である。あるいは、又、マルチモード導波路の第二の端面に光学的に結合されているシングルモード導波路の長さの許容範囲の中央値が、該シングルモード導波路の0.4mm近傍の長さの放射性の2次モードとの間の伝搬定数差で $2\pi$ を除いた値である光導波路部材である。こうした光導波路部材を各種光モジュールに用いた形態が有用である。

又、当該光導波路部材において、マルチモード導波路の中心軸とマルチモード導波路の第二の端面に光学的に結合されているシングルモード導波路の中心軸とが一致する形態が実用的に好ましい。

第10図に本発明の第八の実施例を示す。本実施例は上記第七の実施例の素子を用いた送信もしくは受信モジュールの例である。本モジュールは、光素子の變わりにシングルモードフアイバもしくはシングルモード導波路をシングルモード導波路アレイ3に結合させれば、合分波モジュールとして動作させる事ができる。

又、本発明では、マルチモード導波路2とシングルモードフアイバ4との間にシングルモード導波路10を設けて、このシングルモード導波路10の長さを0.4mmと放射性の高次モードとの干渉の周期もしくはその周期の近傍にしても良い。第11図に、本構造を有する第九の実施例を示す。この場合も前記説明の様に、大きな実装位置ずれトレランスを得る事ができる。尚、前記シングルモード導波路10のより具体的な長さは、課題を解決する手段の欄に詳細に説明したところである。

第12図に本発明の第十の実施例を示す。本実施例は上記第九の実施例の素子を用いた送信もしくは受信モジュールの例である。

又、本モジュールは、光素子の變わりにシングルモードフアイバもしくはシングルモード導波路をシングルモード導波路アレイ3に結合させれ

1/10倍(ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲(但し、正の数)にあることを特徴とする前記(1)に記載の光導波路部材である。

(3) マルチモード光導波路と、このマルチモード光導波路の第一の端面に光学的に結合された複数のシングルモード光導波路と、前記マルチモード光導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面に光学的に結合された一つのシングルモード光導波路と、前記シングルモード光導波路の前記マルチモード光導波路と結合された第一の端面と反対側の第二の端面に光学的に結合されたシングルモードファイバとを、少なくとも有し、且つ前記シングルモード光導波路の長さ、前記シングルモード光導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの干渉周期の $n$ 倍( $n=0, 1, 2, \dots$ )から $\pm 40 \mu\text{m}$ 以内(但し、正の数)である。

(4) 前記マルチモード光導波路の第二の端面に光学的に結合されている前記シングルモード光導波路の長さが、前記シングルモード光導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの干渉周期の $n$ 倍(ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ )から $\pm 20 \mu\text{m}$ 以内(但し、正の数)であることを特徴とする前記(4)に記載の光導波路部材である。

(5) マルチモード光導波路と、このマルチモード光導波路の第一の端面に光学的に結合された複数のシングルモード光導波路と、前記マルチモード光導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面に光学的に結合された一つのシングルモード光導波路と、前記シングルモード光導波路の前記マルチモード光導波路と結合された第一の端面と反対側の第二の端面に光学的に結合されたシングルモードファイバとを、少なくとも有し、且つ前記シングルモード光導波路の長さ、前記シングルモード光導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの間の伝搬定数差で $\pi$ を除いた値の $n-1/5$ 倍から $n+1/5$ 倍(ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲(但し、正の数)にあることを特徴とする光導波路部材である。

ば、合分波モジュールとして動作させる事ができる。

本発明は、基板、導波路およびその他の構成要素の材料に関わらず有効であり、上記実施例で説明した場合に制限されない。また、本発明はシングルモードファイバ、光素子、導波路およびその他の構成要素の位置決め

5 固定法に関わらず有効であり、上記実施例で説明した場合に制限されない。以下に、本発明にて用い得る、前記マルチモード光導波路の第二の端面に光学的に結合されている前記シングルモード光導波路の長さの諸形態を整理し、列挙する。尚、例えば $20 \mu\text{m}$ 以下、 $40 \mu\text{m}$ 以下と具体的な数字のみで示された形態は除いた。

10 (1) マルチモード光導波路と、このマルチモード光導波路の第一の端面に光学的に結合された複数の第一のシングルモード光導波路と、前記マルチモード光導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面に光学的に結合された少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路とを有し、且つ前記少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路の長さが、前記第二のシングルモード光導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの干渉周期の $n-1/5$ 倍から $n+1/5$ 倍(ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲(但し、正の数)、又は前記第二のシングルモード光導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの間の伝搬定数差で $2\pi$ を除いた値の $n-1/5$ 倍から $n+1/5$ 倍(ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲(但し、正の数)、又は前記第二のシングルモード光導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの間の伝搬定数差で $2\pi$ を除いた値の $n-1/5$ 倍から $n+1/5$ 倍(ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲(但し、正の数)にある。

(2) 前記マルチモード光導波路の第二の端面に光学的に結合されている前記シングルモード光導波路の長さが、前記シングルモード光導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの干渉周期の $n-1/10$ 倍から $n+1/10$ 倍(ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲(但し、正の数)にある。

(6) 前記マルチモード導波路の第二の端面に光学的に結合されている前記シングルモード導波路の長さ、前記シングルモード導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの間の伝搬定数差で $\pi$ を除いた値の $n-1/10$ 倍から $n+1/10$ 倍(ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲(但し、正の数)にあることを特徴とする前記(5)に記載の光導波路部材である。

(7) マルチモード導波路と、このマルチモード導波路の第一の端面に光学的に結合された複数のシングルモード導波路と、前記マルチモード導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面に光学的に結合された一つのシングルモード導波路と、を少なくとも有し、前記シングルモード導波路の前記マルチモード導波路と結合された第一の端面と反対側の第二の端面がシングルモードファイバと光学的に結合が可能であり、且つ前記シングルモード導波路の長さ、前記シングルモード導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの間の伝搬定数差で $\pi$ を除いた値から $\pm 40 \mu\text{m}$ 以内(正の数)であることを特徴とする光導波路部材である。

(8) 前記マルチモード導波路の第二の端面に光学的に結合されている前記シングルモード導波路の長さ、前記シングルモード導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの間の伝搬定数差で $\pi$ を除いた値から $\pm 20 \mu\text{m}$ 以内(但し、正の数)であることを特徴とする光導波路部材である。

(9) マルチモード導波路と、このマルチモード導波路の第一の端面に光学的に結合された複数のシングルモード導波路と、前記マルチモード導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面に光学的に結合された一つのシングルモード導波路と、を少なくとも有し、前記シングルモード導波路の前記マルチモード導波路と結合された第一の端面と反

対側の第二の端面がシングルモードファイバと光学的に結合が可能であり、且つ前記シングルモード導波路の長さ、前記シングルモード導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの間の伝搬定数差で $2\pi$ を除いた値の $n-1/5$ 倍から $n+1/5$ 倍(ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲(但し、正の数)にあることを特徴とする光導波路部材である。

(10) 前記マルチモード導波路の第二の端面に光学的に結合されている前記シングルモード導波路の長さ、前記シングルモード導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの間の伝搬定数差で $2\pi$ を除いた値の $n-1/10$ 倍から $n+1/10$ 倍(ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ )の範囲(但し、正の数)にあることを特徴とする光導波路部材である。

(11) マルチモード導波路と、このマルチモード導波路の第一の端面に光学的に結合された複数のシングルモード導波路と、前記マルチモード導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面に光学的に結合された一つのシングルモード導波路と、を少なくとも有し、前記シングルモード導波路の前記マルチモード導波路と結合された第一の端面と反対側の第二の端面がシングルモードファイバと光学的に結合が可能であり、且つ前記シングルモード導波路の長さ、前記シングルモード導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの間の伝搬定数差で $2\pi$ を除いた値から $\pm 40 \mu\text{m}$ 以内(但し、正の数)であることを特徴とする光導波路部材である。

(12) 前記マルチモード導波路の第二の端面に光学的に結合されている前記シングルモード導波路の長さ、前記シングルモード導波路の0次固有モードと放射性の高次モードとの間の伝搬定数差で $2\pi$ を除いた値から $\pm 20 \mu\text{m}$ 以内(但し、正の数)であることを特徴とする前記(11)に記載の光導波路部材である。

以下に本発明の光導波路部材の実用的な形態を整理して列挙する。

その第1は、本発明の光導波路部材のマルチモード導波路もしくはシングルモード導波路の少なくとも一つがポリマ材料により作製されている事の特徴とするものである。

第2は、本発明の光導波路部材のマルチモード導波路もしくはシングルモード導波路の少なくとも一つがシリコン基板上に作製されている事の特徴とするものである。

第3は、マルチモード導波路の第二の端面に光学的に結合されているシングルモード導波路のマルチモード導波路と結合していない側の端面がシングルモードファイバと光学的に結合されている事の特徴とするものである。

第4は、マルチモード導波路もしくはシングルモード導波路と同一の基板に形成されたV字型もしくは他の断面形状を有する溝によりシングルモードファイバが固定されている事の特徴とするものである。

第5は、シングルモード導波路ともマルチモード導波路とも光学的に結合していない側のシングルモードファイバの端面がマルチモードファイバと光学的に結合している事の特徴とする光導波路部材である。前記第3及び第4の形態に本技術思想を適用する形態は好ましい。

以下に本願の光モジュールの例を列挙する。

第1の形態は、少なくとも1個の本発明の光合波器もしくは光分波器を有し、当該光合波器もしくは光分波器の有するマルチモード導波路の第一の端面に光学的に結合しているシングルモード導波路の少なくとも一本が、マルチモード導波路と光学的に結合していない側の端面において光素子もしくは光導波路もしくはシングルモードファイバもしくはマルチモードファイバと光学的に結合されている事の特徴とする光モジュールである。

第2は、マルチモード導波路の第一の端面に光学的に結合しているシン

グルモード導波路に光学的に結合しているシングルモードファイバもしくはマルチモードファイバが、マルチモード導波路もしくはシングルモード導波路と同一の基板に形成されたV字型もしくは他の断面形状を有する溝により固定されている事の特徴とする前記第1の形態に記載の光モジュールである。

第3は、前記第1の形態の光モジュールにおいて、光合波器におけるマルチモード導波路の第一の端面に光学的に結合している複数のシングルモード導波路に各々共振波長の異なる分布屈折型もしくは分布反射型半導体レーザが光学的に結合している事の特徴とする光モジュールである。

第4は、前記第1の形態の光モジュールにおいて、光分波器におけるマルチモード導波路の第一の端面に光学的に結合している複数のシングルモード導波路に導波路型フォトダイオードが光学的に結合している事の特徴とする光モジュールである。

本発明の光導波路部材、素子を用いれば、安価なパッシブアライメント法によるモジュール実装が可能になるため、低価格な光モジュールを得ることができる。

本発明の実施例によれば、大きな実装位置ずれトレランスを有する光導波路部材、例えば光合分波器を提供することができる。

#### 20 産業上の利用可能性

本発明の特徴は、マルチモード光導波路と、このマルチモード光導波路の第一の端面に光学的に結合された複数の第一のシングルモード光導波路とを有し、前記マルチモード光導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面がシングルモードファイバと光学的に結合が可能であることを特徴とする光導波路部材にあり、大きな実装位置ずれトレランスを有する光

導波路部材、例えば光合分波器を提供することができる。

# 請求の範囲

1. マルチモード光導波路と、このマルチモード光導波路の第一の端面に光学的に結合された複数の第一のシングルモード光導波路と、を少なくとも有し、前記マルチモード光導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面がシングルモードファイバと光学的に結合が可能であることを特徴とする光導波路部材。

2. 前記マルチモード光導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面に光学的に結合されたシングルモードファイバを少なくとも有することと特徴とする請求項1に記載の光導波路部材。

3. 前記マルチモード光導波路の前記第二の端面に隣接して、この第二の端面に光学的に結合する光ファイバを保持するための溝構造が配置されていることを特徴とする請求項1に記載の光導波路部材。

4. 前記マルチモード光導波路の前記第二の端面に隣接して、この第二の端面に光学的に結合する光ファイバを保持するための溝構造が配置され、前記マルチモード光導波路の第二の端面に光学的に結合されたシングルモードファイバを有し、且つ前記シングルモードファイバが前記溝構造に保持されていることを特徴とする請求項2に記載の光導波路部材。

5. 前記マルチモード光導波路及び前記第一のシングルモード光導波路の内の少なくとも一者が高分子樹脂材料によって構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光導波路部材。

6. 前記マルチモード光導波路及び前記第一のシングルモード光導波路の内の少なくとも一者が高分子樹脂材料によって構成されていることを特徴とする請求項2に記載の光導波路部材。

7. 前記マルチモード光導波路及び前記第一のシングルモード光導波路の内の少なくとも一者がシリコン基板上に搭載されていることを特徴と

する請求項 1 に記載の光導波路部材。

8. 前記マルチモード光導波路及び前記第一のシングルモード光導波路の内の少なくとも一者がシリコン基板上に搭載されていることを特徴とする請求項 2 に記載の光導波路部材。

9. 請求項 2 に記載の光導波路部材の少なくとも一つを有し、

前記光導波路部材の有するマルチモード光導波路の第一の端面に光学的に結合している複数の第一のシングルモード光導波路の少なくとも一者と、

前記マルチモード光導波路と光学的に結合していない側の、前記マルチモード光導波路の第二の端面に、この第二の端面に光学的に結合される光素子、光導波路、シングルモードファイバ、マルチモードファイバ、及び、光ファイバを保持するための溝構造の群から選ばれた少なくとも一者を有することを特徴とする光モジュール。

10. マルチモード光導波路と、このマルチモード光導波路の第一の端面に光学的に結合された複数の第一のシングルモード光導波路と、前記マルチモード光導波路の前記第一の端面と反対側の第二の端面に光学的に結合された少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路とを、少なくとも有し、且つ前記第二のシングルモード光導波路の長さが  $40\mu\text{m}$  以下であることを特徴とする光導波路部材。

11. 前記少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路は第三と第四の端面を有し、前記第二のシングルモード光導波路の第三の端面は前記マルチモード光導波路の第二の端面に光学的に結合され、且つ、前記マルチモード光導波路と結合された第三の端面と反対側の第四の端面に光学的に結合されたシングルモードファイバを有することを特徴とする請求項 10 に記載の光導波路部材。

12. 前記少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路は第三と第

四の端面を有し、前記第二のシングルモード光導波路の第三の端面が前記マルチモード光導波路の第二の端面に光学的に結合され、且つ、前記少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路の長さが  $20\mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 10 に記載の光導波路部材。

13. 前記少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路の前記第四の端面に光学的に結合されたシングルモードファイバを有することを特徴とする請求項 12 に記載の光導波路部材。

14. 前記少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路は第三の端面と第四の端面を有し、前記第二のシングルモード光導波路の前記第三の端面は前記マルチモード光導波路の第二の端面に光学的に結合し、前記第四の端面に隣接して、前記第二のシングルモード光導波路の第四の端面に光学的に結合する光ファイバを保持するための溝構造が配置されていることを特徴とする請求項 10 に記載の光導波路部材。

15. 前記第四の端面に隣接して、前記第二のシングルモード光導波路の第四の端面に光学的に結合する光ファイバを保持するための溝構造が配置され、前記マルチモード光導波路の第四の端面に光学的に結合されたシングルモードファイバを有し、且つ、前記シングルモードファイバが前記溝構造に保持されていることを特徴とする請求項 11 に記載の光導波路部材。

16. 前記第四の端面に隣接して、前記第二のシングルモード光導波路の第四の端面に光学的に結合する光ファイバを保持するための溝構造が配置されていることを特徴とする請求項 12 に記載の光導波路部材。

17. 前記マルチモード光導波路及び前記第一及び第二のシングルモード光導波路の内の少なくとも一者が高分子樹脂材料によって構成されていることを特徴とする請求項 10 に記載の光導波路部材。

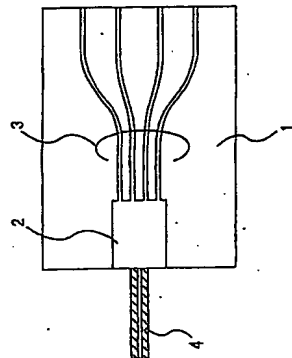
18. 前記マルチモード光導波路及び前記第一及び第二のシングルモー

ド光導波路の内の少なくとも一者がシリコン基板上に搭載されていることを特徴とする請求項 10 に記載の光導波路部材。

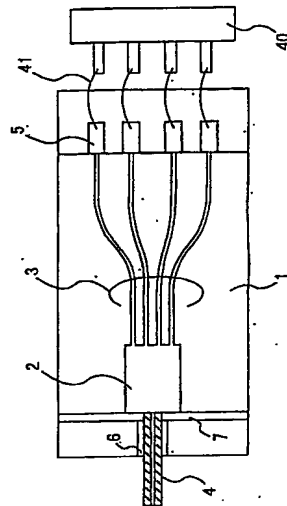
19. マルチモード光導波路と、このマルチモード光導波路の第一の端面に光学的に結合された複数の第一のシングルモード光導波路と、前記マルチモード光導波路の前記第一の端面と反対側の端面に光学的に結合された少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路とを有し、且つ前記少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路の長さが、前記第二のシングルモード光導波路の 0 次固有モードと放射性的高次モードとの干渉周期の  $n-1/5$  倍から  $n+1/5$  倍 (ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ ) の範囲 (但し、正の数)、又は前記第二のシングルモード光導波路の 0 次固有モードと放射性的高次モードとの間の伝搬定数差で  $\pi$  を除した値の  $n-1/5$  倍から  $n+1/5$  倍 (ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ ) の範囲 (但し、正の数)、又は前記第二のシングルモード光導波路の 0 次固有モードと放射性的高次モードとの間の伝搬定数差で  $2\pi$  を除した値の  $n-1/5$  倍から  $n+1/5$  倍 (ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ ) の範囲 (但し、正の数) の少なくともいずれかで表される範囲にあることを特徴とする光導波路部材。

20. 前記少なくとも一つの第二のシングルモード光導波路は第三と第四の端面を有し、前記第二のシングルモード光導波路の第三の端面が前記マルチモード光導波路の第二の端面に光学的に結合され、且つ、前記シングルモード光導波路の前記マルチモード光導波路と結合された第二の端面と反対側の第四の端面に光学的に結合されたシングルモードファイバを有することを特徴とする請求項 19 に記載の光導波路部材。

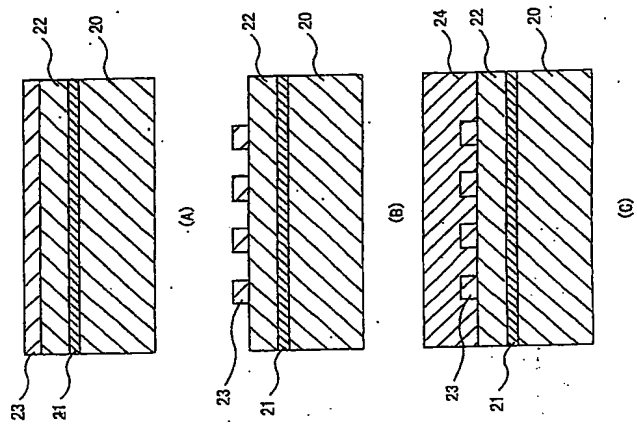
第 1 図



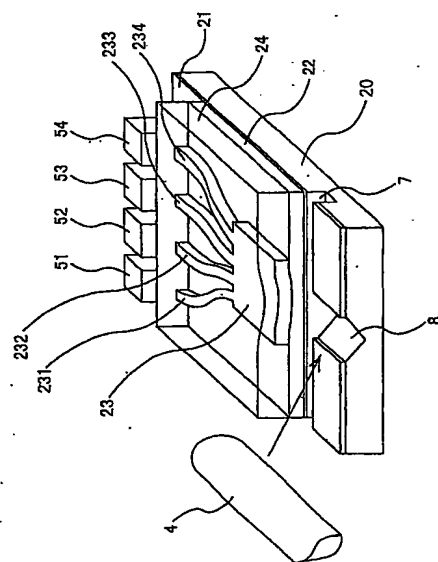
第 2 図



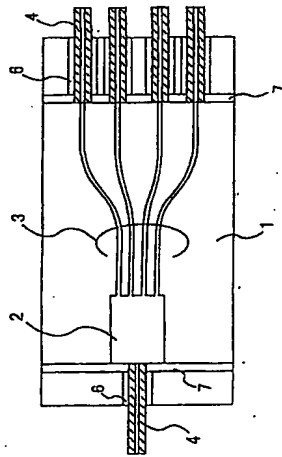
第4図



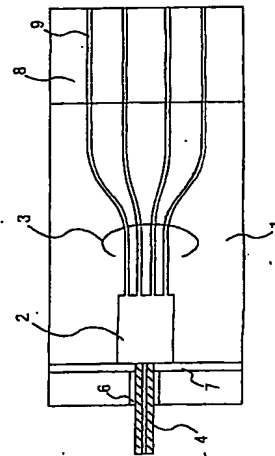
第3図



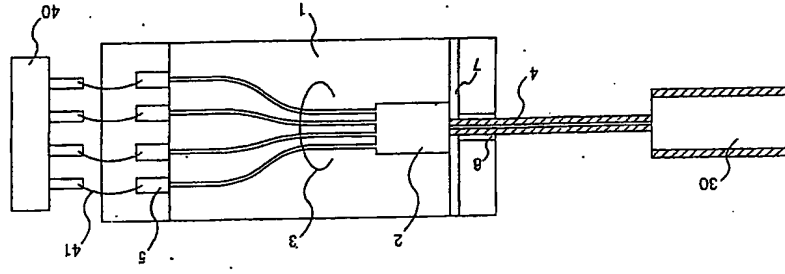
第5図



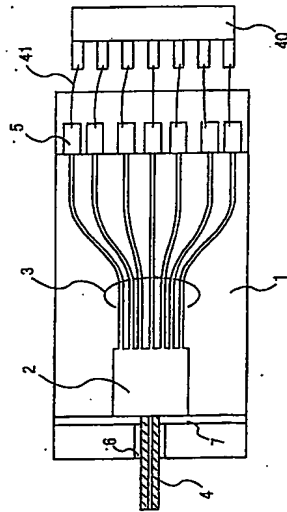
第6図



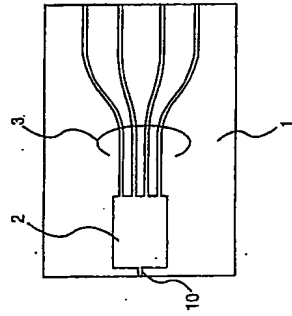
第7図



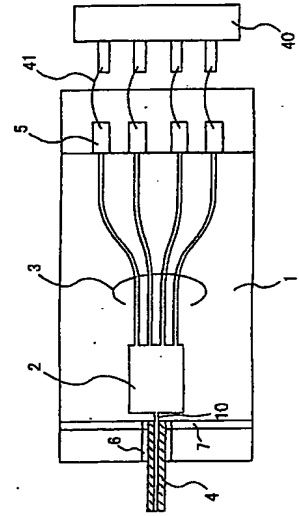
第8図



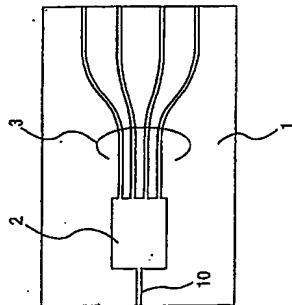
第9図



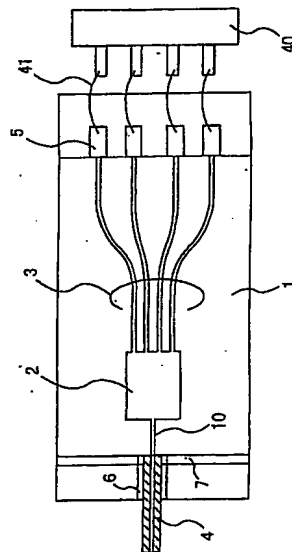
第10図



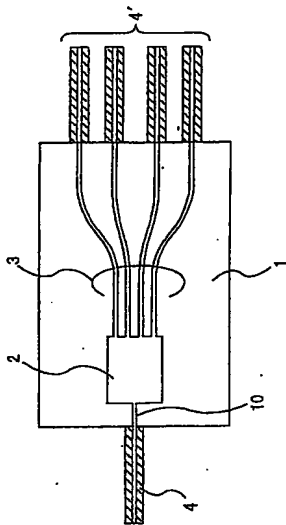
第11図



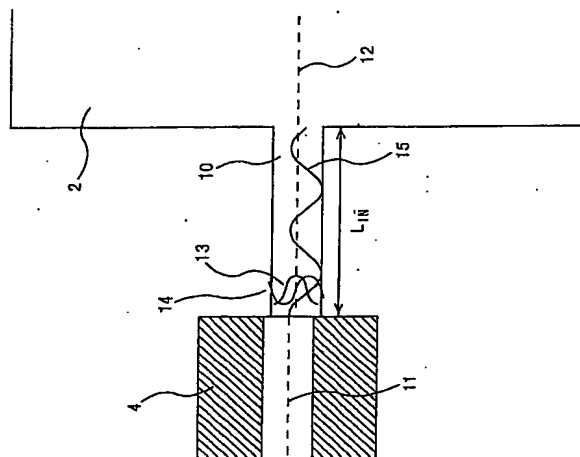
第12図



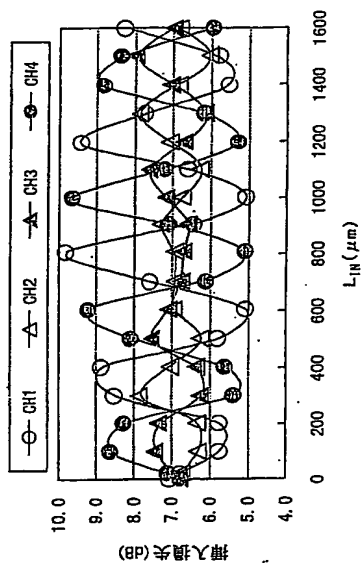
第13図



第14図



第15図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP02/01766

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

Int. Cl.<sup>7</sup> G02B6/12

B. FIELD OF SEARCH

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.<sup>7</sup> G02B6/12-6/14, 6/28-6/293

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shiban Kobo 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shiban Kobo 1994-2002  
Kobai Jitsuyo Shiban Kobo 1971-2002 Jitsuyo Shiban Toroku Kobo 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 6-138335 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 20 May, 1994 (20.05.94)	1,2,7,8, 10-13,18,19 3-6,9, 14-17,20
X	H. TAKAHASHI et al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol.5, No.1 (January 1993) pages 58 to 60	1,2,7,8, 10-13,18,19 3-6,9, 14-17,20
X	JP 6-317723 A (Hitachi Cable, Ltd.), 15 November, 1994 (15.11.94), Fig. 1	1,2,10-13, 19 3-9,14-18, 20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

- \* Special categories of cited documents:
- \*X Document cited in the general state of the art which is not considered to be prior art for the purposes of the international search
  - \*Y Earlier document but published on or after the international filing date
  - \*L Document which may have priority claims or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified)
  - \*O Document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other information
  - \*P Document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

Date of the actual completion of the international search  
01 May, 2002 (01.05.02)

Date of mailing of the international search report  
21 May, 2002 (21.05.02)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Postmile No.  
Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP02/01766

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-48458 A (NEC Corp.), 20 February, 1998 (20.02.98), & US 5949931 A	3,4,7-9, 14-16,18,20
Y	JP 2000-121857 A (Hitachi, Ltd.), 28 April, 2000 (28.04.00), & US 6236784 B1	5-8,17,18
A	EP 801316 A2 (Olmeca Inc.), 15 October, 1997 (15.10.97), & US 5790729 A & JP 2000-121857 A	1-20
A	J.M. Heaton et al., Applied Physics Letters, Vol.61, No.15 (12 October, 1992 (12.10.92)), pages 1754 to 1756	1-20
A	US 4950045 A (STC PLC), 21 August, 1990 (21.08.90), & GB 2220764 A & DE 3923185 A & FR 2634288 A	1-20
A	JP 1-156703 A (Fujitsu Ltd.), 20 June, 1989 (20.06.89), (Family: none)	1-20
A	JP 3-171115 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 24 July, 1991 (24.07.91), (Family: none)	1-20
A	WO 92/11554 A1 (The Secretary of State for Defense in her Britannic Majesty's Government of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland), 09 July, 1992 (09.07.92), & US 5379354 A & JP 6-503899 A & EP 563068 A1	1-20
A	US 4087159 A (Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.), 02 May, 1978 (02.05.78), & DE 2445150 A & GB 1525492 A & JP 51-57457 A & FR 2285623 A	1-20

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1998)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01766

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(b) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:

because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:

because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:

because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(d).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The feature common to claims 1 to 9 is an idea that the second end surface of the multi-mode optical waveguide can be optically coupled to a single-mode fiber.

However, the search has revealed that this idea is not novel since it is disclosed in document 1 JP 6-138335 A, document 2 IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 5 No. 1, pp. 58 to 60, and document 3 JP 6-317723 A.

Moreover, the arrangements of the second single-mode optical waveguide of claims 1 to 9, claims 10 to 19, and claims 19, 20 are different from one another.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Form PCT/ISA/210 (continuation of first sheet (1)) (July 1998)

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP02/01766

A. 発明の属する分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02B6/12

B. 調査を行った分類

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02B6/12-6/14 6/28-6/293

最小限資料以外の資料で調査を行った分類に含まれるもの

日本国特許庁 1992-1996

日本国特許庁 1971-2002

日本国特許庁 1994-2002

日本国特許庁 1996-2002

国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文獻

引用文獻の

カテゴリー\*

引用文獻 及び一組の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示

関連する

請求の範囲の番号

X JP 6-138335 A (日本電信電話株式会社), 1994.05.20

Y

X H. Takahashi et al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 5 No. 1 (January 1993) pp. 58-60

Y

X IP 6-317723 A (日立電線株式会社), 1994.11.15

Y 図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

図 1.

\* 引文文獻のカテゴリー

[A] 特に関連のある文獻ではなく、一般的技術常識を示すもの

[E] 国際出願以前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

[L] 優先権主張に基盤を有する文獻又は他の文獻の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文獻 (理由を付す)

[O] 口頭による開示、使用、展示等に基及する文獻

[P] 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

[S] 同一発明ファミリー文獻

[T] 国際出願日は優先日後に公表された文獻であって、出願の原理又は理論の理解のために引用するもの

[X] 特に関連のある文獻であって、当該文獻のみで発明の新規性は明瞭でないと考えられるもの

[Y] 特に関連のある文獻であって、当該文獻と他の1以上の文獻との、当該文獻によって明瞭である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

[Z] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

[&amp;] 同一発明ファミリー文獻

国際調査報告の提出日 21.05.02

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

特許庁審査官 (権限のある職員) 日夏 賢史

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP02/01766	
関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリ	引用文献名、及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
Y	JP 10-48458 A (日本電気株式会社), 1998.02.20 & US 5949931 A	3,4,7-9,14-16,1 8,20	
Y	JP 2000-121857 A (株式会社日立製作所), 2000.04.28 & US 6236784 B1	5-8,17,18	
A	EP 801316 A2 (Ohmeda Inc.), 1997.10.15 & US 5790729 A & JP 2000-121857 A	1-20	
A	J.M.Heaton et al., Applied Physics Letters, Vol.61 No.15 (12 October 1999 2) pp.1754-1756	1-20	
A	US 4950045 A (STC PLC), 1990.08.21 & GB 2220764 A & DE 3923185 A & FR 2634288 A	1-20	
A	JP 1-156703 A (富士通株式会社), 1989.06.20 (ファミリーなし)	1-20	
A	JP 3-171115 A (神電気工業株式会社), 1991.07.24 (ファミリーなし)	1-20	
A	WO 92/11534 A1 (The Secretary of State for Defence in her Britannic Majesty's Government of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland), 1992.07.09 & US 5378354 A & JP 6-503899 A & EP 563068 A1	1-20	
A	US 4087159 A (Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.), 1978.05.02 & GB 1525492 A & DE 2445150 A & FR 2285623 A & JP 51-57457 A	1-20	

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1998年7月)

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP02/01766
<p>第1欄 請求の範囲の一般の請求ができないときの見解 (第1ページの2の付帯)          従第8条第3項 (PCT17条(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作          成しなかった。</p> <p>1. <input type="checkbox"/> 請求の範囲 _____ は、この国際調査報告が関連することを要しない状態に係るものである。          つまり、</p> <p>2. <input type="checkbox"/> 請求の範囲 _____ は、有意味な国際調査をすることができるとして所定の要件を満たしてい          ない国際出願の範囲に係るものである。つまり、</p> <p>3. <input type="checkbox"/> 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則4(a)の第2文及び第3文の規定に          従って記載されていない。</p> <p>第2欄 発明の同一性が欠如しているときの見解 (第1ページの3の続き)</p> <p>次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときこの国際調査報告は、すべての請求可能な請求          範囲にわたって作成した。</p> <p>請求の範囲 1-9 に共通の事項は、マルチモード光導波路の第二の端面がシングルモードフ          ァイバと光学的に結合可能とすることである。          しかしながら、調査の結果、該共通の事項は、文献1JP 6-138335 A、文献2米国 Patent          s Technology Letters, Vol.5 No.1 pp.58-60、文献3JP 6-517723 A のそれぞれに開示されている          から、新規でないことが明らかとなった。          また、請求の範囲 1-9 と請求の範囲 10-18、請求の範囲 19-20 とは、第二のシングルモード          光導波路の配置が異なる。</p> <p>1. <input checked="" type="checkbox"/> 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての請求可能な請求          の範囲について作成した。</p> <p>2. <input type="checkbox"/> 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての請求可能な請求の範囲について調査することができたので、追          加調査手数料の納付を求めなかった。</p> <p>3. <input type="checkbox"/> 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納          付のあった請求の範囲のみについて作成した。</p> <p>4. <input type="checkbox"/> 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記          されている発明に係る請求の範囲について作成した。</p>		

追加調査手数料の戻還の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に発明者から戻還申立てがあった。  
☒ 追加調査手数料の納付と共に発明者から戻還申立てがなかった。

様式PCT/ISA/210 (第1ページの続き (1)) (1998年7月)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**